ウルトラリニア接続の再考——

6V6UL(ムラード)-PP ステレオ・パワー・アンプの製作

竹森幹郎

前回の6L6UL-PPで予想を上回る出力を得ることが出来ましたので，同じ回路の6V6UL-PPはどうなるかを実験し，それぞれの性格を対比してみたいと思います．

6V6UL-PPの実験

第1図は試作機の回路図です．前回と異なるところは，

1．OPTの交換

4月号の6V6UL-PPで採用したOPTのインピーダンスは8kΩでしたが，UL接続の最適1つぎインピーダンスは10kΩといわれています．そこで，負荷抵抗を10Ωの抵抗器に置き換え実験したところ(見かけ上の1次インピーダンスが10kΩになる)クリッピング・レベルが上昇していた経験から，今回は幸い手持ちにH-15-10がありそれと交換しました．

2．PTのB電源タップの変更

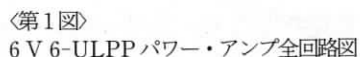
6V6の必要プレート電圧が6L6より低いので，タップ位置を380Vから280Vタップに切替えました．

3．出力管カソード回路の変更

4月号の6V6ULPPではMLFを採用した関係でカソード・バイアス抵抗の値を少しぐらい変更しても結果に影響しませんでしたたが，今回は真空管マニュアルの定格表通り170Ωにしたところひずみが激減したのです．しかし，この状態では定格を少々超えますので190Ωに決定しました．つぎに前回の実験でカソード・パスコンを取り外した理由は，テスト中15Wを超えたあたりで局部発振に悩まされ，負帰還回路の微分補正を取り去ればこの現象は収まりますが，そうすると今度は，10kHzの方形波特性が悪化しますので，仕方なくカソード・パスコンを取り外しテストを続け，そのまま完成ということにしましたが，その後，試みに出力管のカソード・パスコンを付けたり外したりして見たところ，クリッピング・レベルが19.5Wに上昇し，CL点寸前のひずみも1%を切っていることに気づきました．

今回の6V6UL-PPで試みにパスコンを付けてテストしたところ，異常なく動作し，負帰還回路に微分補正を施しても何の問題も生じないことが判りましたので，今回はパスコンを付けた状態で実験を進めました．

4．カップリング・コンデンサの変更

6L6UL-PPの時は0.1μで低域特性に問題はありませんでしたが，今回の試作機ではOPTの変更によるものか，8Hz付近に多少の

〈第1図〉
6 V 6-ULPP パワー・アンプ全回路図

ピークが見られたので 0.047 μに変更しました。

試作機の特性

1．入力対出力特性

第2図に入力対出力の特性を示します。はじめ，カソード抵抗を 210 Ωに設定したときは 8 W 強でクリップましたが，その後，170 Ωにしたとき最もひずみが少なくなりましたが，いささか過定格になるため，カソード抵抗を 190 Ω設定し B 電圧も心持ち下げた値に設定しました。

CL 点 7.6 W で，出力を変化させプレート電流およびスクリーン・グリッド電流を測定したところ，ほとんど変化せずクリップ寸前まで A 級 PP として動作していることがわかりました。CL 点を超えると逆にプレート電流は下がります（グリッド電流の影響でカップリング・コンデンサの充放電によりグリッド電位がマイナスの方向に追いやられる）。

2．振幅の周波数特性

第3図に振幅の周波数特性を示し

定バイアスを採用せねばならないのかも知れません.

UL 接続についての考察

ここで少し，UL 接続の動作特性について考えてみたいと思います.

UL 接続の動作特性

これについては，1960 年 11 月号に武末先生が発表された記事「PP シリーズ 6：多極管 ULPP 回路・6 BQ 5・AB_1PP の研究」を読んでいただくのが一番ですが，何分古い記事でもあり資料を手に入れることが困難だと思いますので，私なりにこの記事を要約して述べてみたいと思います.

なお，ラジオ技術全書 011 A，102 頁，2・4・3 UL 接続および全書 012 A，74 頁，12・2・2 に 6 BQ 5 $ULAB_1$ PP アンプの項に詳しい解説がなされていますので全書をお持ちの方はご参照下さい.

前述の記事につぎのようなことが書かれています.

UL 接続について，断片的な報告は見受られますが，その動作特性の全容を説明できるような記述は見あたらない. そこで，先ず従来の考え方を紹介すると同時に，些か筆者の（武末先生）所論を述べて，それが設計法や実測特性とどう結びつくかを考えて見たいと思います.

1．スクリーン帰還としての考え方

この考え方は古くから，NHK の斉藤彰英氏などによって提唱されたものである……

と数式混じりで書かれていますが，私の経験から数式混じりの論文を読む時，飛ばし読みすることが多く内容を把握することに手間がかった経験から，数式の部分を第 6 図に数式を抜粋したものを示します（数式についてお調べの方はご参照下さい）.

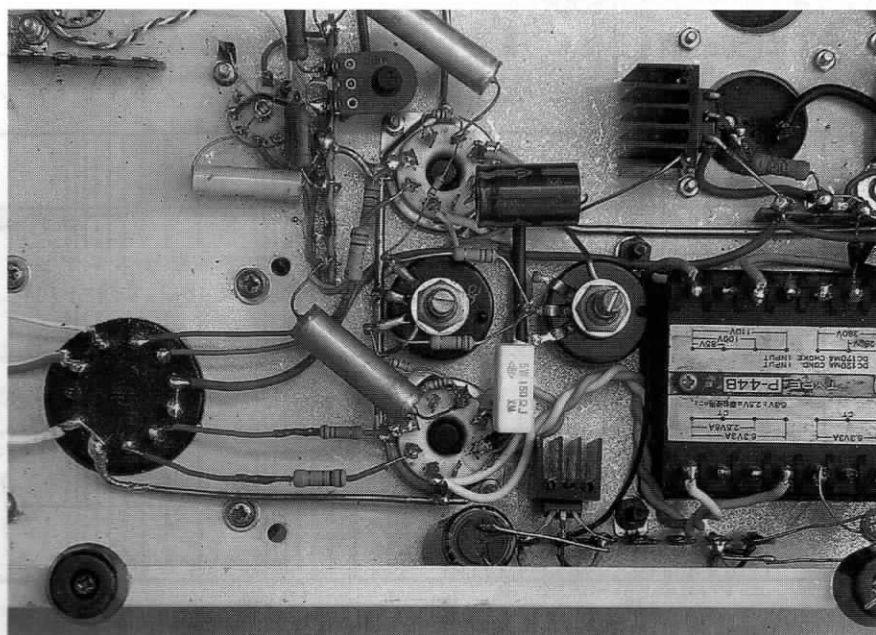
つまり，UL 接続の増幅度は標準 5 極管動作の増幅度より 3.5 dB 低下する. この時の F（負帰還量）の値は勿論出力管やその動作条件，とくに M（P_1，P_2 間と Sg_1，Sg_2 間の巻線比）の値によって変わってくるが M は通常 0.43 に選ばれるので，F は大概 3 dB 内外になるのが普通である. つまり UL 接続を NFB の面から見ると 3 dB のグリッド帰還に相当するという考え方が一応成立する.

ただここで注意を要することは，3 dB に相当した負帰還電圧が，直接グリッドに戻されるのと本質的に異なる. 普通のグリッド帰還では，グリッド側にどれだけの電圧が帰還されても，それだけ入力電圧を増加しさえすれば，5 極管固有の最大出力が得ることが出来る.

しかし，UL 接続ではグリッド電圧は帰還前と変わらないので，3 dB のスクリーン帰還がなされたということは，同一入力に対して，出力電圧が 3 dB（$1/\sqrt{2}$）に下がることを意味する. よって，5 結のとき最大出力を得る入力電圧では，UL の時の出力電圧は $1/\sqrt{2}$，パワーにして 1/2 になり，もうそれ以上の入力では，グリッド側でクリップし，結局最大出力は 5 結の 1/2 ということになる.

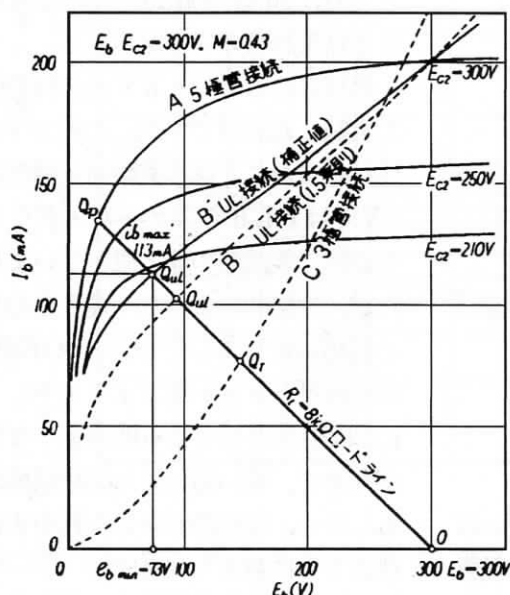
この推論は，われわれの体験とは大いに違うようである. そこで以上の点を実験結果と，対照してみることにする.

そして 5 結時と UL 接続の入力対出力特性に示すごとく，出力 1 W のレベルで，UL 接続では増幅度が 3.5 dB 低くなり，前の推論がこの点では一致する. しかし，クリッピング・レベルの点では 5 結で，14.8 WUL 接続で，12.6 W となり出力低下は意外に少なく先の推論とははなはだ矛盾し，もしこの推論が正しいものであれば最大出力は 8 W とならねばならぬ筈である.

しかしここで反省を要することはもともと負帰還理論は回路網の理論であって，真空管の外部回路の性質を究明することには偉力はあっても，管内現象に起因するこの種の問題を説明することまで，この理論を

●シャーシ内部のクローズアップ

無信号時のプレート電圧を・・・・・・・・・・ Eb0
無信号時スクリーン・グリッド電圧を・・・・ Esg2,0
信号時に Eb0 が eb に下がると、$Ec2' = Esg2,0 - M(Eb0 - eb)$ となり、プレート電流 Ip の変化は Ec1 = 0 の時 Ec2 の変化の 1.5 乗に比例する。

よって $ib' = ib\left(\frac{Ec2'}{Ec2}\right)^{1.5}$ ・・・・・（5）が成立する

Eb0, Esg20, M が判っていれば、任意のプレート電圧におけるプレート電流を、容易に算出出来る。

6BQ5 UL の Eb・Ib 特性

左図の B 曲線は、同図の A 曲線（Eb,Ec2=300V）から（5）式によって算出した、M = 0.43 の時の Eb、Ib 曲線である。

それを Ec=250V,Ec=210V のスクリーン特性によって補正したものが B' 曲線である。

試みに RL = 8 Ω のロードラインを引いて最大出力を算出すると、Q UL から

eb min ≒ 93 V
ib max ≒ 103 mA となる。

$$Pomax = \frac{(Eb0 - ebmax)}{2} = \frac{(300-93)0.103}{2} \fallingdotseq 10.7(W) \times 0.85 \fallingdotseq 9.1(W)$$

上の式に当てはめると 9.1 W で実測値と合わない。

これを B' 曲線により修正したものが、この曲線と負荷線の交点 Q'UL となり、eb min ≒ 78V, ib max ≒ 113V が得られ

$$\therefore Pomax = \frac{(300-78)0.113}{2} \fallingdotseq 12.8W \times 0.85 \fallingdotseq 10.9W$$

となるが未だ実測値と食い違っている。

〈第7図〉 UL 接続時のプレート特性

これについての資料がラジオ技術発行のオーディオ用真空管マニュアル 411 頁に KT-88，433 頁に 6550 の UL 時のプレート特性が掲載されています．とくに 6550 の UL プレート特性にはタップ位置が 40% と指定されています．

それにしても，6V6 の最大出力は規格表に載っているビーム管接続の出力 14 W という値と比べあまりにもかけ離れていますので，試みにビーム管接続に繋ぎ変えて最大出力を測ってみたところ 10 W でクリップします．どうやら自己バイアスでは規格表通りの出力得られないものと考えます．それにしてもビーム管接続時の出力 10 W の 85%である 8.5 W に届いていませんので，M の最適値が合わないのかも知れません．

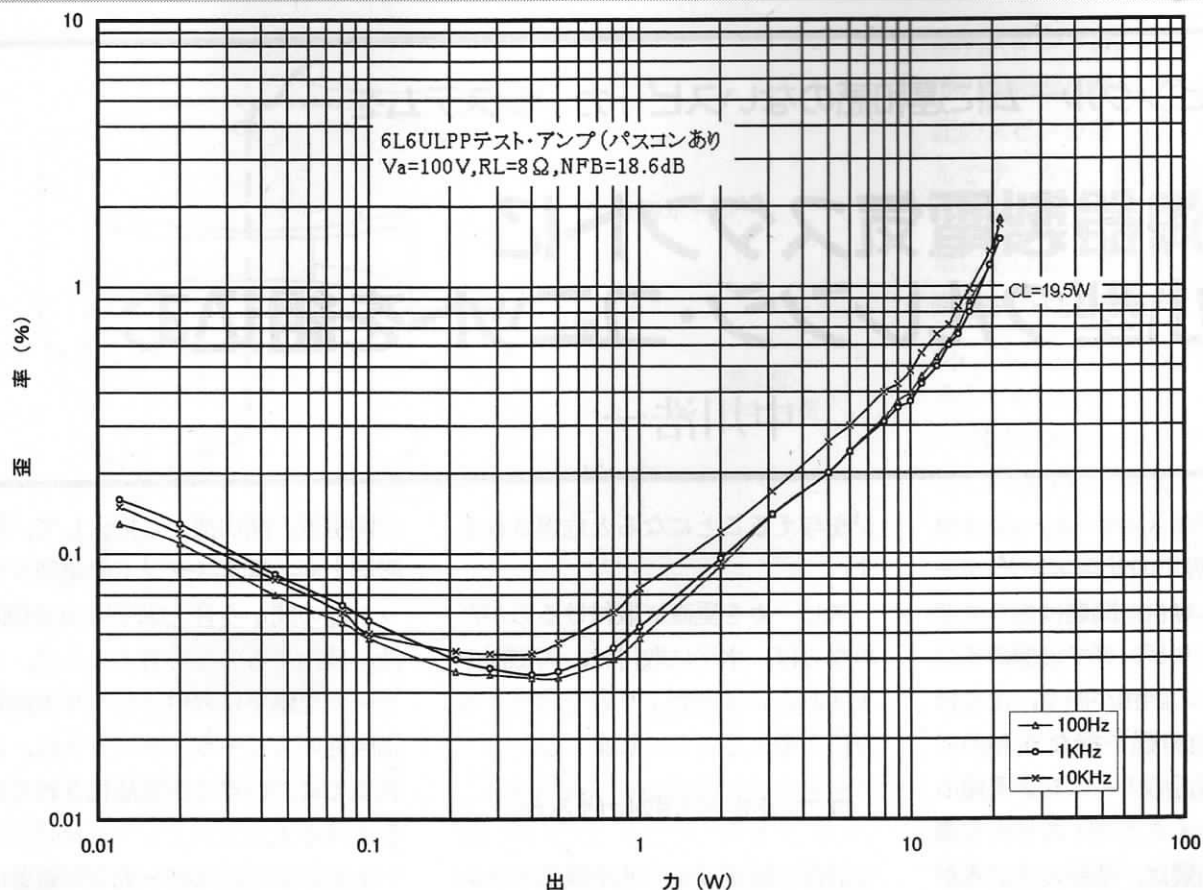
カソード・パスコンを取り外すことの適否

6L6 UL-PP の追試のとき，負帰還を外し，クリップ付近でカソード・パスコンを付けたり外したりしながら，そのときの出力波形を観測しているときに，波形が著しく変化するのを見て AB 級 PP のときは決してこのパスコンを外してはいけないということを身をもって体験することになりました．

これについては前にも述べましたが，1957 年 2 月号 PP 回路のアンバランスについて実験的立場から（2A3 AB 級 PP）で，カソード・パスコンを外したとき，入出力特性曲線の直線部分の途中からくの字に曲がること，ひずみ率特性曲線の 1 W を過ぎるあたりから瘤状に盛り上がることが書かれています．

それは出力管のカソードに現れる第 2 調波ひずみがパスコンがないため，行き場を失い出力管の動作を強引に変化させることによって辻褄を合わせるためであるという仮説がなされています．その気になって，前回発表した 6L6 UL-PP の入出力曲線の NFB=0 dB のクリップ寸前の曲線を見ますとわずかながらくの字に曲がっており，ひずみ率曲線の 10 W を超えたあたりで盛り上がっているのを発見しました．

その状態が 2A3 PP ほど酷くなかったため，つい見逃してしまったわけです．後から考えてみますと，NFB=0 dB の時の 10 W を超えてからの波形の異常さはまさにカソードに現れた第 2 調波歪みの悪戯に依る物だと知らされたつぎ第です．改めてパスコンを入れ，NFB=0 dB の 10 W を超えてからの波形が大きく変わったのを見ても，この仮説が正しいことを証明していると思います．

6L6 UL-PP における，ひずみ率特性でのこの現象をパスコンなしのものを**第 9 図**に，パスコンありのものを**第 10 図**に掲げますのでその違いをご確認下さい．1 W 以下のひずみ率がパスコンありでもなしでもほとんど変わっていないことにご注目

〈第10図〉
出力対ひずみ率特性

球の使い方の難しさを一例挙げますと，プレート電圧とスクリーン・グリッド電圧の最大定格が離れているので，アンプの設計が厄介なのです．不用意にスクリーン・グリッド回路にドロッパーを挿入しスクリーン電圧を下げようとしますとレギュレーションの悪化につながり期待した出力をを得ることが出来ません．

電源回路の設計に対して，よほどの覚悟でとりかからなければならないのです．前回，例に挙げた武末先生の6L6AB級PPでは定電圧電源を採用したうえ，スクリーン・グリッド回路の電圧降下に大容量のツェナー・ダイオードを挿入することで解決されています．

それに引き替え，UL接続の場合スクリーン損失が著しく下がるのでスクリーン・グリッド電圧に対して心配せずに設計できるため，わりと簡単に必要な出力が得られることがわかりました．それに引き替え6V6は素直で使いやすい球ですが，無理がきかないので此のような使い方は出来ません．もともと受信機の終段用に出力より効率を考えて作られたものなので，出力に多くを期待しない方がよいでしょう．6V6 UL-PPを2度も実験しましたが結果的に，出力の点ではUL接続には向かない球のように感じます．

UL接続の利点の1つはスクリーン損失が少ないので，プレート電圧を高く設定してUL接続の出力低下を補えるような球が良いのですが？

試作機は希望出力は出せなかったものの，今まで作ったアンプの中で，クリップ点がどこにあるのか良くわからないいわゆるソフト・ディストーションともいえるほどCL点付近の波形が美しいもので好ましく感じました．なるほど，今は亡き音派の先生方がこの球を高く評価された意味か良くわかりました．

ラインに投入して聴いて見たところ，最新の部品を使った4月号で発表した6V6 UL-MLF-PPと比べてもまったくそん色なく，ある面ではこの方が良いと感じました．

(2004年5月7日完)

●真上から見た6V6-ULアンプ